野生和养殖红鳍东方鲀营养品质的比较分析

于久翔[1,2] 高小强[2] 韩 岑[1,2] 范 瑞[1] 韩雨哲[1] 姜志强[1*]

（1.大连海洋大学，辽宁省北方鱼类应用生物学与增养殖重点实验室，大连 116023；2.中国水产科学院黄海水产研究所，农业部海洋渔业可持续发展重点实验室，青岛市海水鱼类种子工程与生物技术重点实验室，青岛 266071）

摘 要：本试验对野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀的一般营养成分及肌肉氨基酸和脂肪酸的组成进行测定，旨在比较野生和养殖红鳍东方鲀的营养品质。试验选取野生 1 龄红鳍东方鲀 15 尾[体重 71～139 g、体长 13.4～18.9 cm]、养殖 1 龄红鳍东方鲀(投喂冰鲜杂鱼)13 尾[体重 90～147 g、体长 14.8～20.4 cm]、养殖 2 龄红鳍东方鲀(投喂冰鲜杂鱼)10 尾[体重 578.4～638.7 g、体长 31.3～36.7 cm]作为样本。采用国家标准方法测定组织中的一般营养成分及肌肉氨基酸和脂肪酸组成，并对肌肉营养品质进行分析。结果表明：全鱼粗蛋白质含量以野生 1 龄红鳍东方鲀最高，为 68.07%，比养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀分别高出了 32.3%、20.6%（$P<0.05$)，而全鱼粗脂肪含量则为养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀显著高于野生 1 龄红鳍东方鲀($P<0.05$);养殖 2 龄红鳍东方鲀肌肉粗蛋白质含量显著高于野生 1 龄和养殖 1 龄红鳍东方鲀($P<0.05$)，各样本间肌肉粗脂肪和粗灰分含量差异不显著($P>0.05$)；各样本的肝脏粗蛋白质和粗脂肪含量变化较大，粗蛋白质含量按照野生 1 龄、养殖 1 龄、养殖 2 龄的顺序依次显著降低($P<0.05$)，而粗脂肪含量则呈现与粗蛋白质相反的变化。野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中均检测出 18 种氨基酸，而且在含量上养殖红鳍东方鲀大多数均显著高于野生($P<0.05$)。根据氨基酸评分(ASS)和化学评分(CS)，红鳍东方鲀肌肉中赖氨酸的含量相对较为丰富，且养殖 2 龄红鳍东方鲀必需氨基酸指数(EAAI)最高，其次为养殖 1 龄红鳍东方鲀，最后为野生 1 龄红鳍东方鲀。野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中共检测出 19 种脂肪酸，且野生和养殖红鳍东方鲀脂肪酸组成相似，野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀肌肉中饱和脂肪酸(SFA)含量差异不大($P>0.05$)，

收稿日期：2016-03-24

基金项目：红鳍东方鲀健康养殖技术研究与示范；辽宁省科技厅重大项目（2014203015）

作者简介：于久翔（1992—），男，辽宁人，硕士研究生，从事鱼类养殖研究。E-mail： 1031393542@qq.com

*通信作者：姜志强，教授，硕士生导师，E-mail： zhqjiang@dlou.edu.cn

多不饱和脂肪酸(PUFA)含量则以养殖 2 龄红鳍东方鲀最高，为 51.54%，但是各样本间差异不显著(P>0.05)；肌肉中 C20:5n-3(EPA)和 C22:6n-3(DHA)含量均较丰富，其中养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 DHA 的含量分别比野生 1 龄红鳍东方鲀高出了 24.7%、27.2%(P<0.05)，而且养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 EPA+DHA 的含量也显著高于野生 1 龄红鳍东方鲀(P<0.05)。由此可知，红鳍东方鲀营养组成合理，且养殖红鳍东方鲀营养品质优于野生红鳍东方鲀。

关键词：红鳍东方鲀；氨基酸；脂肪酸；营养品质；评价

中图分类号：S963　　文献标识码：A　　文章编号：

红鳍东方鲀（*Takifugu rubripes*）隶属于硬骨鱼纲，鲀形目，鲀科，东方鲀属，俗称河豚，为底栖肉食性的沿岸种类。因其性凶猛、个体大、生长快、肉质鲜美、蛋白质含量丰富，并含有丰富的维生素 B_1、维生素 B_2 以及多种有益的微量元素，素享“鱼类之王”之美誉，深受世人的喜爱，其经济价值居鲀类之首，在我国主要分布在黄海、渤海和东海，国外见于朝鲜半岛、日本等[1-2]。由于其特有的营养价值和风味，红鳍东方鲀一直是中、日、韩 3 国的传统佳肴。高露姣等[3]曾对不同养殖模式下红鳍东方鲀的营养品质进行了比较，发现不同养殖模式下红鳍东方鲀的营养品质有差异。人工养殖红鳍东方鲀多数投喂新鲜小杂鱼类，由于食物和生活环境的改变，是否会对其营养价值产生不利影响是对红鳍东方鲀进一步开发的关键。本试验通过对野生及养殖红鳍东方鲀的一般营养成分及肌肉品质进行全面的比较分析，旨在全面认识红鳍东方鲀的营养品质，分析人工养殖对该鱼营养品质产生的影响，并为不同阶段红鳍东方鲀的养殖和配合饲料的研制提供理论依据。

1　材料与方法

1.1　试验材料

试验用野生 1 龄红鳍东方鲀于 2014 年 9 月捕捞于丹东东港市海区，通过挂牌放流回捕获得，共 15 尾，体重 71～139 g，体长 13.4～18.9 cm；养殖 1 龄、养殖 2 龄红鳍东方鲀(投喂冰鲜杂鱼)2014 年 9 月采购于长海县大连天正实业有限公司，其中养殖 1 龄红鳍东方鲀共 13 尾，体重 90～147 g，体长 14.8～20.4 cm；养殖 2 龄红鳍东方鲀共 10 尾，体重 578～639 g，体长 31.3～36.7 cm。冰鲜杂鱼的营养成分如下：水分 73.62%，粗蛋白质 56.43%，粗脂肪 16.87%，粗灰分 13.21%，粗纤维 4.01%。

1.2 试验鱼处理

试验鱼于冰盘上解剖后迅速取肝脏、鱼体两侧头后至尾柄前的全部肌肉，去离子水冲洗干净，置于-80 ℃超低温冰箱中保存备用，再在每个年龄组随机取 2 尾鱼，烘干（105 ℃），研磨，保存于干燥器中，进行全鱼营养成分分析。

1.3 测定方法

1.3.1 一般营养成分测定

水分含量测定采用 105 ℃烘干失水法(GB 6435-1986)；粗蛋白质含量测定采用凯氏定氮法(GB/T 6432-1994)；粗灰分含量测定采用 550 ℃干法灰化法(GB/T 6438-1992)；粗脂肪含量测定采用索氏抽提法(GB/T 5009.6-2003)。

1.3.2 肌肉中氨基酸组成的测定

采用 GB/T 15399-1994 氧化酸处理肌肉样品，然后按照 GB/T 18246-2000 的方法使用 Biochrom 20 型氨基酸自动分析仪测定半胱氨酸含量；采用荧光分光光度法测定色氨酸含量；按照 GB/T 5009.124-2003 的方法使用 Biochrom 20 型氨基酸自动分析仪测除半胱氨酸及色氨酸外的 16 种氨基酸的含量。

1.3.3 肌肉中脂肪酸组成的测定

肌肉中脂肪酸组成采用气相色谱分析法进行测定。将肌肉冷冻干燥后采用改进的 Folch 法萃取脂质[4]。在所得的脂质中加入 0.5 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液于 70 ℃回流水解 1 h，再用三氟化硼（BF_3）催化法制取脂肪酸甲酯进行脂肪酸组成分析[5]。分析条件：应用日本岛津公司 GC-9A 型气相色谱仪,并配有 C-R3A 色谱数据微处理机。色谱柱为 30 m×0.25 mm×0.3 μm 的硝基对苯二甲酸改性的聚乙二醇（FFAP）抗氧化交联石英毛细管色谱柱(中国科学院大连化学物理研究所生产)，汽化室的温度为 260 ℃，检测器的温度均为 230 ℃，色谱柱程序升温，初温 160 ℃，以 2 ℃/min 升至 230 ℃，载气高纯氮气，尾吹量为 30 mL/min，进样量均为 1 μL，通过与标准脂肪酸保留时间的对比鉴别各脂肪酸组分，面积归一化法计算出各脂肪酸的相对含量。样品重复检测 5 次。

1.4 肌肉营养品质评价

根据联合国粮农组织（FAO）/世界卫生组织（WHO）1973年提出的氨基酸评分(AAS)标准模式和中国预防医学科学院营养与食品卫生研究所在1991年提出的全鸡蛋蛋白质的化学评分(CS)模式，计算AAS、CS

和必需氨基酸指数(EAAI)[6-10]，计算公式如下：

$$AAS=\frac{\text{待评蛋白质中某氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{FAO/WHO评分模式中同种氨基酸含量(mg/g N)}};$$

$$CS=\frac{\text{待评蛋白质中某氨基酸含量(mg/g N)}}{\text{全鸡蛋蛋白质中同种氨基酸含量(mg/g N)}};$$

$$EAAI=\sqrt[n]{\frac{a}{A}\times100\times\frac{b}{B}\times100\times\cdots\cdots\times\frac{h}{H}\times100}。$$

式中：*n* 为比较的氨基酸数；*a*，*b*，…，*h* 为待评蛋白质的各氨基酸含量(mg/g N)；*A*，*B*，…，*H* 为全鸡蛋蛋白质的各氨基酸含量(mg/g N)。其中，氨基酸含量(mg/g N)=（样品中氨基酸含量/样品中粗蛋白质含量）×6.25×1 000。

1.5　数据处理

试验数据以平均值±标准差表示，采用 SPSS 16.0 中的 Levine test 检验数据方差齐性，若 $P>0.05$，则进行单因素方差分析(one-way ANOVA)；若 $P\leqslant0.05$，则数据进行函数校正，检验符合方差齐性后，开始方差分析。单因素方差分析显著性水平为 $P<0.05$。

2　结果与分析

2.1　野生和养殖红鳍东方鲀的一般营养成分

野生和养殖红鳍东方鲀全鱼、肌肉和肝脏粗蛋白质、粗脂肪、水分和粗灰分含量的测定结果见表 1。野生 1 龄红鳍东方鲀全鱼的水分含量显著高于养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀($P<0.05$)，全鱼粗蛋白质含量以野生 1 龄红鳍东方鲀最高，为 68.07%，比养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀分别高出 32.3%、20.6%($P<0.05$)，而全鱼粗脂肪含量养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀则显著高于野生 1 龄红鳍东方鲀($P<0.05$)，野生和养殖红鳍东方鲀全鱼粗灰分含量差异不显著($P>0.05$)。

野生和养殖红鳍东方鲀肌肉粗脂肪和粗灰分含量无显著差异($P>0.05$)，养殖 1 龄红鳍东方鲀肌肉水分含量略高于野生 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀，但差异不显著($P>0.05$)，而养殖 2 龄红鳍东方鲀肌肉粗蛋白质含量显著高于野生 1 龄和养殖 1 龄红鳍东方鲀($P<0.05$)，野生 1 龄红鳍东方鲀肌肉粗蛋白质含量略高于养殖 1 龄红鳍东方鲀，但差异不显著($P>0.05$)。

野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀的肝脏粗蛋白质和粗脂肪含量变化较大，粗蛋白质含量按

照野生 1 龄、养殖 1 龄、养殖 2 龄的顺序依次显著降低(P<0.05)，而粗脂肪含量则呈现与粗蛋白质相反的变化，按照野生 1 龄、养殖 1 龄、养殖 2 龄的顺序依次显著升高(P<0.05)。

表 1　野生及养殖红鳍东方鲀全鱼、肌肉及肝脏的一般营养成分(干物质基础)

Table 1　Common nutritional components in whole body, muscle and liver of wild and cultured *Takifugu rubripes* (DM basis) %

项目 Items	全鱼 Whole body				肌肉 Muscle				肝脏 Liver	
	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	水分 Moisture	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid	粗灰分 Ash	粗蛋白质 Crude protein	粗脂肪 Crude lipid
野生 1 龄 One-year old for wild	78.56 ± 1.46[a]	68.07 ± 3.74[a]	21.45 ± 4.21[a]	10.67 ± 0.91	79.35 ± 1.75	87.64 ± 1.50[a]	4.73 ± 0.62	6.64 ± 0.38	21.58 ± 1.72[a]	36.75 ± 0.57[a]
养殖 1 龄 One-year old for cultured	70.86 ± 2.44[b]	46.08 ± 0.21[b]	36.42 ± 4.70[b]	10.22 ± 0.21	80.52 ± 1.96	87.01 ± 1.84[a]	4.79 ± 0.30	6.54 ± 0.18	11.10 ± 0.24[b]	44.48 ± 1.53[b]
养殖 2 龄 Two-year old for cultured	71.05 ± 0.10[b]	54.06 ± 0.71[c]	32.65 ± 1.50[b]	10.35 ± 0.18	78.86 ± 3.44	89.82 ± 0.89[b]	4.72 ± 0.21	6.50 ± 0.34	6.92 ± 1.00[c]	52.01 ± 1.20[c]

同一指标同列数据肩标不同字母表示差异显著（P<0.05）。

In the same column, values of the same index with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05).

2.2　野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中氨基酸组成与营养品质评价

2.2.1 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中氨基酸的组成

野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中氨基酸的组成及含量见表2。由表可知，红鳍东方鲀共测出18种常见的氨基酸，包括8种必需氨基酸(EAA)、2种半必需氨基酸(HEAA)和8种非必需氨基酸(NEAA)。测定结果显示，除了组氨酸和半胱氨酸之外，其余16种氨基酸在3个样品之间存在着差异，其中2种EAA(蛋氨酸和苏氨酸)和3种NEAA(谷氨酸、天冬氨酸和甘氨酸)的含量野生1龄红鳍东方鲀与养殖1龄、养殖2龄红鳍东方鲀之间差异显著(P<0.05)，养殖1龄与养殖2龄红鳍东方鲀之间差异不显著(P>0.05)；5种EAA(亮氨酸、异亮氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、色氨酸和赖氨酸)、1种HEAA(精氨酸)和2种NEAA(丝氨酸和酪氨酸)的含量在野生1龄、养殖1龄红鳍东方鲀之间差异不显著(P>0.05)，但均与养殖2龄红鳍东方鲀差异显著(P<0.05)。总氨基酸（TAA）、EAA、HEAA和NEAA含量3个样本之间也存在着显著差异(P<0.05)。从氨基酸组成的特点来看，18种氨基酸在野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中含量高低的顺序是相同的，均以谷氨酸含量最高，野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀分别为12.26%、13.27%和13.49%，其次为天冬氨酸、赖氨酸、亮氨酸、精氨酸和丙氨酸，而半胱氨酸的含量最低，仅分别为0.50%、0.48%和0.52%。野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀的EAA/TAA分别为41.78%、41.35%和41.64%,，EAA/NEAA分别为85.11%、83.27%和84.55%。

表2 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中氨基酸组成(干物质基础)

Table 2 Amino acid composition in muscle of wild and cultured *Takifugu rubripes* (DM basis) %

氨基酸 Amino acids	野生1龄 One-year old for wild	养殖 1 龄 One-year old for cultured	养殖2龄 Two-year old for cultured
蛋氨酸 Met☆	2.19±0.08^{a}	2.34±0.01^{b}	2.39±0.08^{b}
亮氨酸 Leu☆	6.63±0.13^{a}	6.80±0.04^{a}	7.29±0.13^{b}
异亮氨酸 Ile☆	3.90±0.02^{a}	3.92±0.05^{a}	4.23±0.02^{b}
苯丙氨酸 Phe☆	3.22±0.08^{a}	3.33±0.02^{a}	3.51±0.06^{b}
苏氨酸 Thr☆	3.37±0.10^{a}	3.65±0.04^{b}	3.69±0.03^{b}
缬氨酸 Val☆	3.41±0.07^{a}	3.50±0.04^{a}	3.73±0.06^{b}

赖氨酸 Lys☆	7.61±0.21^{a}	7.86±0.05^{a}	8.32±0.11^{b}
色氨酸 Trp☆	0.89±0.03^{a}	0.92±0.05^{a}	0.99±0.05^{b}
组氨酸 His※	1.97±0.16	2.07±0.03	2.16±0.04
精氨酸 Arg※	4.86±0.11^{a}	4.95±0.03^{a}	5.31±0.10^{b}
谷氨酸 Glu	12.26±0.32^{a}	13.27±0.22^{b}	13.49±0.04^{b}
天冬氨酸 Asp	7.91±0.20^{a}	8.53±0.09^{b}	8.69±0.03^{b}
甘氨酸 Gly	3.78±0.14^{a}	4.11±0.09^{b}	4.23±0.06^{b}
丙氨酸 Ala	4.62±0.12^{a}	4.95±0.05^{b}	5.18±0.01^{c}
丝氨酸 Ser	2.98±0.09^{a}	2.77±0.08^{a}	3.28±0.03^{b}
半胱氨酸 Cys	0.50±0.05	0.48±0.01	0.52±0.01
脯氨酸 Pro	2.32±0.09^{a}	2.43±0.03^{ab}	2.53±0.04^{b}
酪氨酸 Tyr	2.30±0.13^{a}	2.28±0.03^{a}	2.47±0.02^{b}
总氨基酸 TAA	74.72±1.54^{a}	78.13±0.55^{b}	82.01±0.78^{c}
必需氨基酸 EAA	31.22±0.52^{a}	32.31±0.13^{b}	34.15±0.23^{c}
半必需氨基酸 HEAA	6.82±0.26^{a}	7.02±0.04^{a}	7.47±0.14^{b}
非必需氨基酸 NEAA	36.68±1.07^{a}	38.80±0.42^{b}	40.39±0.07^{c}
必需氨基酸/总氨基酸 EAA/TAA	41.78	41.35	41.64
必需氨基酸/非必需氨基酸 EAA/NEAA	85.11	83.27	84.55

☆为必需氨基酸，※为半必需氨基酸。

☆ mean essential amino acids, and ※ mean half-essential amino acids.

同行数据肩标不同字母表示差异显著（P<0.05）。表5同。

In the same row, values of the same index with different letter superscripts mean significant difference (P<0.05). The same as

Table 5.

2.2.2 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉营养品质评价

将表2中的EAA含量的数据换算成每克氮中含氨基酸毫克数后，与全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式、FAO/WHO制订的蛋白质评价的氨基酸标准模式进行比较，并分别计算出了野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀肌肉的AAS、CS和EAAI。

由表3可知，野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀肌肉中的EAA含量依次升高，分别为2 426.11、2 519.82和2 584.33 mg/g N，都高于FAO/WHO模式(2 250 mg/g N)，而都低于全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(3 059 mg/g N)，并且赖氨酸含量(542.70、564.59和578.94 mg/g N)均超出了FAO/WHO模式(340 mg/g N)和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式(441 mg/g N)。由此分析得出，不管是野生还是养殖的红鳍东方鲀都是营养价值较高的鱼类。

由表4可知，野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀肌肉中的EAA的AAS均接近或大于1，CS均大于0.5，并且养殖2龄红鳍东方鲀肌肉中EAA的AAS和ES基本上都大于养殖1龄和野生1龄红鳍东方鲀，这说明随着年龄的增长，红鳍东方鲀肌肉中的EAA组成越来越平衡；而养殖1龄红鳍东方鲀肌肉中EAA的AAS和ES也都比野生1龄红鳍东方鲀的大，这说明了养殖红鳍东方鲀EAA组成总体比野生红鳍东方鲀相对平衡，含量更高，且营养更丰富。由AAS可以看出，野生和养殖红鳍东方鲀的第一限制性氨基酸为缬氨酸，第二限制性氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸；而根据CS，野生和养殖红鳍东方鲀的第一限制性氨基酸为蛋氨酸+半胱氨酸，第二限制性氨基酸为缬氨酸。野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀的EAAI分别为74.96、77.82和79.86。

表3 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中必需氨基酸含量与FAO/WHO模式和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式比较

Table 3 Comparison of EAA contents in muscle of wild and cultured *Takifugu rubripes* with FAO/WHO pattern and amino acid pattern of whole egg protein mg/g N

必需氨基酸 EAA	FAO/WHO模式 FAO/WHO pattern	全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式 Amino acid pattern of	野生1龄 One-year old for wild	养殖1龄 One-year old for cultured	养殖2龄 Two-year old for cultured

		whole egg protein			
异亮氨酸 Ile	250	331	278.13	281.58	294.34
亮氨酸 Leu	440	534	472.81	488.45	507.26
赖氨酸 Lys	340	441	542.70	564.59	578.94
苏氨酸 Thr	250	292	240.33	262.18	256.76
缬氨酸 Val	310	411	243.18	251.41	259.55
色氨酸 Trp	60	99	63.47	66.08	68.89
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	220	386	191.84	202.56	202.48
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	380	565	393.66	402.97	416.11
合计 Total	2 250	3 059	2 426.11	2 519.82	2 584.33

表 4 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉必需氨基酸中 AAS、CS 和 EAAI 比较

Table 4 Comparison of AAS, CS and EAAI of essential amino acids in muscle between wild and cultured *Takifugu rubripes*

必需氨基酸 EAA	氨基酸评分 AAS			化学评分 CS		
	野生1龄 One-year old for wild	养殖1龄 One-year old for cultured	养殖2龄 Two-year old for cultured	野生1龄 One-year old for wild	养殖1龄 One-year old for cultured	养殖2龄 Two-year old for cultured
异亮氨酸 Ile	1.11	1.13	1.18	0.84	0.85	0.89
亮氨酸 Leu	1.07	1.11	1.15	0.89	0.91	0.95
赖氨酸 Lys	1.60	1.66	1.70	1.23	1.28	1.31
苏氨酸 Thr	0.96	1.05	1.03	0.82	0.90	0.88
缬氨酸 Val	0.78	0.81	0.84	0.59	0.61	0.63

色氨酸 Trp	1.06	1.10	1.15	0.64	0.67	0.70
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.87	0.92	0.92	0.50	0.52	0.52
苯丙氨酸+酪氨酸 Phe+Tyr	1.04	1.06	1.10	0.70	0.71	0.74
氨基酸指数 EAAI	74.96	77.82	79.86			

2.3 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中脂肪酸组成

野生和养殖红鳍东方鲀肌肉脂肪酸组成见表 5。野生和养殖红鳍东方鲀肌肉脂肪酸组成相似，野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀肌肉中饱和脂肪酸(SFA)含量差异不大(P>0.05)，但养殖 1 龄红鳍东方鲀肌肉中单不饱和脂肪酸（MUFA）含量显著高于野生 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀(P<0.05)，而多不饱和脂肪酸(PUFA)含量以养殖 2 龄红鳍东方鲀最高（51.54%），其次为野生 1 龄和养殖 1 龄红鳍东方鲀（分别为 50.99%和 50.25%），但是各样本间差异均不显著(P>0.05)。在 SFA 方面，野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀均以 C16:0 的含量为最高(18.78%～19.40%)，C14:0 和 C17:0 的含量较少；在 MUFA 方面，C18:1n-9 的含量为最高，其中野生 1 龄红鳍东方鲀为 11.55%，显著高于养殖 1 龄红鳍东方鲀的 9.75%和养殖 2 龄红鳍东方鲀的 9.65%(P<0.05)；在 PUFA 方面，C20:5n-3(EPA)和 C22:6n-3(DHA)的含量均较高，其中养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 DHA 的含量分别比野生 1 龄红鳍东方鲀高出了 24.7%、27.2%(P<0.05)，而且养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 EPA+DHA 的含量也显著高于野生 1 龄红鳍东方鲀(P<0.05)，野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 EPA 的含量分别为 8.56%、8.05%和 9.15%，但各样本间差异不显著(P>0.05)；野生 1 龄红鳍东方鲀 PUFA 中的 C20:4n-6[花生四烯酸(AA）]含量较高，比养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀分别高出了 65.5%和 67.7%(P<0.05)。除了 C16:0、C14:1、C18:2n-6、C20:5n-3、SFA 和 PUFA 这几差异不显著外，其他脂肪酸在野生 1 龄和养殖 1 龄红鳍东方鲀之间均差异显著(P<0.05)。可见，鱼类的生活环境、食物来源及活动空间等的不同对其肌肉脂肪酸组成有较大影响。

表 5 野生和养殖红鳍东方鲀肌肉脂肪酸组成

Table 5 Fatty acid composition in muscle of wild and cultured *Takifugu rubripes* %

脂肪酸 Fatty acids	野生1龄 One-year old for wild	养殖1龄 One-year old for cultured	养殖2龄 Two-year old for cultured
C14:0	1.08±0.03ᵃ	1.50±0.09ᵇ	1.76±0.01ᶜ
C16:0	18.78±0.33	18.78±0.46	19.40±0.28
C17:0	0.78±0.04ᵃ	0.39±0.01ᵇ	0.36±0.04ᵇ
C18:0	9.41±0.26ᵃ	8.33±0.32ᵇ	8.20±0.14ᵇ
C14:1	0.73±0.01	0.75±0.01	0.73±0.02
C16:1	2.15±0.16ᵃ	1.63±0.08ᵇ	1.91±0.00ᵃᵇ
C17:1	0.99±0.10ᵃ	0.35±0.08 ᵇ	0.29±0.01ᵇ
C18:1n-9	11.55±0.11ᵃ	9.75±0.21ᵇ	9.65±0.07ᵇ
C18:1n-7	3.09±0.06ᵃ	2.72±0.12ᵇ	2.49±0.01ᵇ
C20:1n-9	0.41±0.01ᵃ	2.60±0.18ᵇ	1.53±0.14ᶜ
C22:1n-9	0.19±0.00ᵃ	1.86±0.11ᵇ	0.90±0.05ᶜ
C16:2	0.69±0.02ᵃ	0.82±0.00ᵇ	0.82±0.00 ᵇ
C18:2n-6	1.26±0.13	1.14±0.03	1.17±0.04
C20:4n-6 (AA)	7.34±0.55ᵃ	2.53±0.29ᵇ	2.37±0.05ᵇ
C20:5n-3 (EPA)	8.56±0.68	8.05±0.07	9.15±0.36
C22:4n-6	1.76±0.28ᵃ	0.77±0.05ᵇ	0.52±0.00ᶜ
C22:5n-6	1.77±0.11ᵃ	0.83±0.05ᵇ	0.75±0.02ᵇ
C22:5n-3	5.37±0.11ᵃ	3.93±0.04ᵇ	3.52±0.07ᶜ
C22:6n-3 (DHA)	24.22±0.45ᵃ	32.18±0.74ᵇ	33.25±0.49 ᵇ
饱和脂肪酸 SFA	30.06±0.59	28.99±0.71	29.72±0.40

单不饱和脂肪酸 MUFA	18.09±0.73[a]	19.66±0.19[b]	17.51±0.26[a]
多不饱和脂肪酸 PUFA	50.99±0.41	50.25±0.45	51.54±0.89
EPA+DHA	32.78±1.13[a]	40.23±0.81[b]	42.40±0.86[b]

3 讨 论

3.1 野生和养殖红鳍东方鲀一般营养成分分析

就一般经济水生动物而言，在经过人工养殖后，由于生存环境、食物组成及活动空间等因素的改变，其营养成分与野生群体都会存在较大的差异[11-13]。本试验研究表明，野生 1 龄红鳍东方鲀全鱼的粗蛋白质含量分别高出养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀 32.3%和 20.6%，而粗脂肪含量则与之相反，分别较养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀低了 42.5%和 34.3%；野生 1 龄红鳍东方鲀肝脏的营养成分也表现出了相似的变化，即粗蛋白质含量分别较养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀高出了 48.6%和 67.9%，粗脂肪含量分别较养殖一龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀低了 17.4%和 29.3%；养殖 2 龄红鳍东方鲀肌肉粗蛋白质含量则显著高于野生 1 龄和养殖 1 龄红鳍东方鲀($P<0.05$)，野生 1 龄、养殖 1 龄和养殖 2 龄红鳍东方鲀之间肌肉粗脂肪含量无显著差异。养殖红鳍东方鲀全鱼和肝脏粗脂肪含量的升高与其养殖环境和投喂的食物有着不可分的关系，野生红鳍东方鲀生活在广阔的海洋，活动空间较大、摄食范围广，能够捕食活的生物，这样不仅保证了食物的新鲜度，而且活跃的捕食活动和抵御恶劣环境大大增加了能量的消耗，避免了脂肪在体内的过度积累；与之相反，养殖红鳍东方鲀获得饵料较为容易，摄食能耗低，而且人工养殖条件下红鳍东方鲀活动空间相对较小，活动能耗低，因此有较多脂肪等营养物质的积累。另外，Daniels 等[14]对美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)的研究表明，投喂高脂饲料时，其体蛋白质含量降低，体脂肪含量增加；刘波等[15]对翘嘴红鲌（*Erythroculter ilishaeformis*）的研究表明，投喂高脂饲料（粗脂肪含量为 19.93%）后翘嘴红鲌肝脏粗脂肪含量、肝体比及脏体比均显著升高。孙阳等[16]研究了饲料脂肪水平对红鳍东方鲀体组成的影响，结果表明红鳍东方鲀的肝体比、脏体比以及全鱼粗脂肪含量均随着脂肪水平的升高而显著增加。综上可知，饵料中的粗脂肪含量是造成鱼类脂质沉积的重要因素。在本研究中，养殖红鳍东方鲀投喂的鲜杂鱼粗脂肪含量高达 16.87%，长期投喂高脂鲜杂鱼可能是养殖红鳍东方鲀脂肪过度积累的重要原因。

3.2 野生和养殖红鳍东方鲀氨基酸组成分析及营养品质评价

在食物的诸种营养素中，蛋白质是首要的，而蛋白质又是由许多氨基酸组成的，因此蛋白质营养实质上就是氨基酸营养。氨基酸的组成和含量，尤其是人体所需的8种EAA含量的高低和构成比例，最好能与人体需要相符合，这样EAA吸收最完全，营养价值最高[17]。从氨基酸组成的结果可知，野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀肌肉中的TAA(分别为74.72%、78.13%和82.01%)和EAA含量(分别为31.22%、32.31%和34.15%)非常高，均高于暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)[18]、弓斑东方鲀(*Takifugu ocellatus*)[19]和黄鳍东方鲀(*Takifugu xanthopterus*)[19]。有研究表明，野生赤点石斑鱼（*Epinephelus akaara*）肌肉中的TAA和EAA含量分别为806.2和437.3 mg/g，两者均高于养殖赤点石斑鱼的733.5和404.1 mg/g[20]；程汉良等[21]对草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)的研究表明，野生草鱼肌肉中的TAA和EAA含量显著高于商品配合饲料养殖的草鱼；过正乾等[22]在鲤鱼(*Cyprinus carpio)*上的研究也得到了类似结果。王琨等[23]研究表明，养殖鱼类投喂人工配合饲料，虽然饵料充足，但配合饲料的营养成分不能完全满足养殖鱼类的营养需求，配合饲料品质可能出现劣于野生群体所食的天然饵料。另外，青木隆子等[24]也表明，饵料种类的不同可以影响鱼体氨基酸的含量，进而影响氨基酸总量。由此可以看出，野生鱼类肌肉中的TAA和EAA含量高于养殖鱼类，可能与摄食的饵料种类及营养成分均衡性有关。而在本试验中，养殖1龄红鳍东方鲀肌肉中TAA和EAA含量均显著高于野生1龄，这与杨培民等[25]对鸭绿江斑鳜（*Simiperca Schezeri* Steindachner）的研究结果类似。分析认为，红鳍东方鲀属于凶猛的肉食性鱼类，养殖过程中主要投喂冰鲜杂鱼，这不仅满足了红鳍东方鲀摄食习性，而且冰鲜杂鱼的营养成分组成更加接近天然饵料；另外，养殖红鳍东方鲀的食物远远比野生的更加充足，从而保证了各项营养物质的均衡和积累，这可能也是养殖红鳍东方鲀肌肉中TAA和EAA含量均高于野生红鳍东方鲀的原因。氨基酸组成及含量除了受饵料的影响外，与年龄也有一定的关联。有研究表明，鱼类在不同生长发育阶段，其代谢规律、饲料营养水平及生活环境共同影响着鱼类自身物质和能量代谢、营养物质沉积及其对饵料营养物质需要量[26-28]。孟繁伊等[29]对不同年龄花羔红点鲑（*Salvelinus malma*）肌肉营养成分进行了研究，结果表明1～4龄花羔红点鲑肌肉中TAA和EAA含量随年龄增长呈升高趋势，但各年龄组间无显著差异；王琨等[23]研究表明，不管是野生还是养殖群体，肌肉TAA和EAA含量均随年龄增长

呈降低趋势；在本试验中，养殖2龄红鳍东方鲀肌肉中TAA和EAA含量均高于养殖1龄红鳍东方鲀。造成以上差异的原因可能与鱼类自身生活环境、自身生理特性及种质间的差异有关。从本试验结果也可以看出，养殖2龄红鳍东方鲀对氨基酸的需求量要高于养殖1龄红鳍东方鲀，这为不同生长期红鳍东方鲀专项饲料的营养配制提供了一定的参考。在本试验中，野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀的EAA/TAA分别为41.78%、41.35%和41.64，EAA/NEA分别为85.11%、83.27%和84.55%。根据FAO/WHO的理想模式，质量较好的蛋白质其组成的氨基酸中EAA/TAA应为40%左右，EAA/NEAA应在60%以上[10]。由此可知，野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中氨基酸的组成均符合上述指标的要求，即氨基酸平衡效果较好。EAAI是评价蛋白质营养价值的常用指标之一，以全鸡蛋蛋白质EAA为参评标准。EAAI越高，说明氨基酸组成越平衡，蛋白质质量越高，蛋白质的利用率也较高。野生1龄、养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀的EAAI分别为74.96、77.82和79.86，从EAAI上来看，养殖红鳍东方鲀的蛋白质品质优于野生红鳍东方鲀，而养殖2龄红鳍东方鲀的蛋白质品质又好于养殖1龄红鳍东方鲀。赖氨酸是人体第一限制性氨基酸，也是一般谷类蛋白质和人乳的第一限制性氨基酸，从本试验可知，不管是野生还是养殖红鳍东方鲀，其肌肉中赖氨酸含量均十分丰富，因此可以调节因以谷类为主的膳食者的赖氨酸不足，具有很好的营养平衡作用；另外，从肌肉营养品质评价来看，红鳍东方鲀的主要限制氨基酸为缬氨酸和蛋氨酸+半胱氨酸，因此，在饲料配制及食物选择上要保证其营养的均衡性。

3.3　野生和养殖红鳍东方鲀肌肉脂肪酸组成分析

脂类不仅仅被作为能源，也被作为必需脂肪酸源。鱼类作为变温动物，生存和生长所需要的必需脂肪酸因种类而异，鱼体脂肪酸的相对含量随种类、年龄、性别、温度等的变化而变化，在很大程度上还受食物的影响。评价鱼类营养的高低一个很重要的指标是鱼体PUFA中的高度不饱和脂肪酸（HUFA）含量的高低，其中最主要的是EPA、DHA和AA，EPA和DHA具有降低血脂含量、减少脂肪在血管壁的沉积以及提高血管的韧性的作用，从而可以降低心血管疾病的发生；同时，EPA和DHA还具有抗衰老、促进大脑健康发育等功能[30-33]。在本研究中，野生1龄红鳍东方鲀肌肉中MUFA中C18:1n-9的含量较养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀显著增高，而EPA的含量3个样本间无显著差异，养殖2龄红鳍东方鲀DHA的含量为33.25%，高于

野生1龄红鳍东方鲀的24.22%和养殖1龄红鳍东方鲀的32.18%，且养殖1龄和养殖2龄红鳍东方鲀DHA的含量与野生1龄红鳍东方鲀差异显著，EPA+DHA的含量也表现出与DHA相同的变化，这与顾曙余等[18]对暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)的报道相同，而一些其他的研究表明，野生鱼肌肉中C20:5、C22:6的含量均显著高于养殖鱼，如花鱼骨(*Hemibarbus maculates*)[34]、大黄鱼（*Pseudosciaena crocea*）[35]等。有关脂肪酸营养研究的结果表明，DHA和EPA是海水鱼类的必需脂肪酸，不能完全依靠自身合成来满足其生长发育所需，必须从食物中获取[36]；也有研究表明，在海水鱼类脂肪酸组成中C18:1n-9含量的升高往往是缺乏必需脂肪酸的表现[37]，这从另一个方面也反映出了野生1龄红鳍东方鲀对DHA需求的不足，分析可能原因为野生红鳍东方鲀生活环境恶劣，觅食条件差，摄食不充足，甚至饥饿，再加上食物脂质组成的不同，导致野生红鳍东方鲀对EPA+DHA积累的不足，而养殖红鳍东方鲀生活环境优越，食物充足，可以积累较多的EPA+DHA。在本研究中，野生1龄红鳍东方鲀肌肉中C20:4n-6含量分别比养殖1龄和养殖2龄高出了65.5%和67.7%，这与徐继林等[13]对大黄鱼的研究结果相似。而宋超等[8]对中华鲟(*Acipenser sinensis*)幼鱼的研究表明，野生中华鲟幼鱼肌肉中C20:4n-6含量达到了6.34%，而在养殖中华鲟幼鱼中并没有检测出来。对于鱼类和哺乳动物来说，膜上磷脂中的PUFA尤其是AA，在脂氧合酶和环氧合酶氧化作用下产生各种类型的类二十烷酸，如前列腺素类、凝血恶烷类和白细胞三烯类等。类二十烷酸对于炎症以及T淋巴细胞和B淋巴细胞的功能具有重要调节作用，在应激条件下，鱼类对由AA生成的类花生酸的需要量增加，类花生酸在凝血等心血管功能方面以及在炎症反应等方面的活动增强[38-39]。野生红鳍东方鲀在恶劣条件和饥饿的应激刺激下，为了适应生活环境，其对由AA生成的类二十烷酸的需求量比较高。另外，有研究表明视网膜细胞中的类二十烷酸的生成还是维持脊椎动物正常视力的一个重要因素[40]。因此，野生红鳍东方鲀肌肉中AA含量明显较高可能是对深水和弱光生活环境的一种适应。由本研究结果可知，野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中不饱和脂肪酸总量(MUFA+PUFA)比较高，平均达到了69.2%，这也说明了红鳍东方鲀营养很丰富。

4 结 论

综合一般营养成分、氨基酸和脂肪酸组成特点，评价野生与养殖红鳍东方鲀营养品质后得出：野生和养殖红鳍东方鲀肌肉中蛋白质含量较高，脂肪含量较低，EPA和DHA含量很高，EAA/TAA和EAA/NEAA

也均高于FAO/WHO的理想模式，且养殖1龄和2龄红鳍东方鲀优于野生1龄红鳍东方鲀。由此可知，红鳍东方鲀是一种营养丰富、品质优异的名贵鱼类，不愧为“鱼类之王”的美称，而且养殖的红鳍东方鲀其肌肉品质在营养组成及均衡性上并没有下降，是优质的膳食蛋白质源。

参考文献：

[1] 孙中之.红鳍东方鲀的生物学特性及人工育苗技术[J].齐鲁渔业,2002,19(8):44–46.

[2] 李怡群,李全振.红鳍东方鲀集约化网箱养殖技术[J].中国水产,2003(11):60–62.

[3] 高露姣,黄艳青,夏连军,等.不同养殖模式下红鳍东方鲀的品质比较[J].水产学报,2011,35(11):1668–1676.

[4] FOLCH J,LEES M,STANLEY G H S.A simple method for the isolation and purification of total lipides from animal tissues[J].Journal of Biological Chemistry,1957,226(1):497–509.

[5] METCALFE L D,SCHMITZ A A,PELKA J R.Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis[J].Analytical Chemistry,1966,38(3):514–515.

[6] 孙远明,余群力.食品营养学[M].北京:中国农业大学出版社,2002:58.

[7] 邴旭文,张宪中.斑驳尖塘鳢肌肉营养成分与品质的评价[J].中国海洋大学学报,2006,36(1):107–111.

[8] 宋超,庄平,章龙珍,等.野生及人工养殖中华鲟幼鱼肌肉营养成分的比较[J].动物学报,2007,53(3):502–510.

[9] 邴旭文,王进波.池养南美蓝对虾与南美白对虾肌肉营养品质的比较[J].水生生物学报,2006,30(4):453–458.

[10] 邴旭文,蔡宝玉,王利平.中华倒刺鲃肌肉营养成分与品质的评价[J].中国水产科学,2005,12(2):211–215.

[11] 徐善良,张薇,严小军,等.野生与养殖三疣梭子蟹营养品质分析及比较[J].动物营报,2009,21(5):695–702.

[12] GRIGORAKIS K,ALEXIS M N,TAYLOR K D A,et al.Comparison of wild and cultured gilthead sea bream (*Sparus aurata*);composition,appearance and seasonal variations[J].International Journal of Food Science & Technology,2002,37(5):477–484.

[13] 徐继林,朱艺峰,严小军,等.养殖与野生大黄鱼肌肉脂肪酸组成的比较[J].营养学

报,2005,27(3):256–257,260.

[14] DANIELS W H,ROBINSON E H.Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*)[J].Aquaculture,1986,53(3/4):243–252.

[15] 刘波,唐永凯,俞菊华,等.饲料脂肪对翘嘴红鲌生长、葡萄糖激酶和葡萄糖-6-磷酸酶活性与基因表达的影响[J].中国水产科学,2008,15(6):1024–1033.

[16] 孙阳,姜志强,李艳秋,等.饲料脂肪水平对红鳍东方鲀幼鱼生长、体组成及血液指标的影响[J].天津农学院学报,2013,20(3):14–18.

[17] 江伟珣,刘毅.营养与食品卫生学[M].北京:北京医科大学和中国协和医科大学联合出版社,1992:4–14.

[18] 顾曙余,赵越.野生及人工养殖暗纹东方鲀肌肉营养成分的比较分析[J].安徽农业科学,2008,36(33):14562–14563.

[19] 卢敏德,葛志亮,张纪顺,等.对我国4种东方鲀营养价值的评价[J].中国水产科学,1999,6(4):90–94.

[20] 陈学豪,林利民,洪惠馨.野生与饲养赤点石斑鱼肌肉营养成分的比较研究[J].厦门水产学院学报,1994,16(1):1–5.

[21] 程汉良,蒋飞,彭永兴,等.野生与养殖草鱼肌肉营养成分比较分析[J].食品科学,2013,34(13):266-270.

[22] 过正乾,蒋飞,许祥,等.野生和养殖鲤鱼肌肉营养成分的比较研究[J].安徽农业科学,2012,40(31):15292–15294,15296.

[23] 王琨,程宝晶,刘斌,等.不同年龄野生和养殖兴凯湖翘嘴鲌肌肉营养成分分析[J].中国水产科学,2012,19(5):906–912.

[24] 青木隆子.六种天然鱼与养殖鱼的成分比较[J].日本水产学会志,1991,57(10):1927–1934.

[25] 杨培民,赵晓临,夏大明,等.野生与人工养殖鸭绿江斑鳜肌肉营养成分及品质评价[J].水生态学杂志,2010,3(1):142–146.

[26] 朱小明,李少菁,姜晓东.能量代谢研究对水产配合饲料研制和评价的应用价值[J].台湾海峡,2001,20(增刊1):29–35.

[27] 张媛媛,刘波,周传朋,等.团头鲂对营养需求的研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(32):18239–18241.

[28] HAAD N F.Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish[J].Food Research International,1992,25(4):289–307.

[29] 孟繁伊,黄权,郝凤奇.不同年龄花羔红点鲑肌肉成分和血液指标的比较研究[J].中国水产科学,2009,16(1):113–119.

[30] 马爱军,刘新富,翟毓秀,等.野生及人工养殖半滑舌鳎肌肉营养成分分析研究[J].海洋水产研究,2006,27(2):49–54.

[31] 宋超.长江口中华鲟幼鱼及其饵料生物的体成分与营养关系研究[D].硕士学位论文.上海:上海海洋大学,2008:1–57.

[32] WEATHERLEY A H,GILL H S.The biology of fish growth[M].London,UK:Academic Press,1987:443–445.

[33] MOURENTE G,ODRIOZOLA J M.Effect of broodstock diets on lipid classes and their fatty acid composition in eggs of gilthead sea bream (*Sparus aurata* L.)[J].Fish Physiology and Biochemistry,1990,8(2):93–101.

[34] 陈建明,叶金云,沈斌乾,等.野生和池塘养殖花(鱼骨)肌肉营养组成的比较分析[J].上海水产大学学报,2007,16(1):87–91.

[35] 林利民,王秋荣,王志勇,等.不同家系大黄鱼肌肉营养成分的比较[J].中国水产科学,2006,13(2):286–291.

[36] WATANABE T,KITAJIMA C,FUJITA S.Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish:a review[J].Aquaculture,1983,34(1/2):115–143.

[37] TAKEUCHI T,TOYATO M,SATOH S,et al.Requirement of juvenile red sea bream *Pagrus major* for eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids[J].Nippon Suisan Gakkaishi,1990,56(8):1263–1269.

[38] SARGENT J,BELL J G,MCEVOY L,et al.Recent developments in the essential fatty acid nutrition of fish[J].Aquaculture,1999,177(1/2/3/4):191–199.

[39] 许友卿,李伟峰,丁兆坤.多不饱和脂肪酸对鱼类免疫与成活的影响及机理[J].动物营养学报,2012,22(3):551–556.

[40] 鲁雪报,肖慧,梁旭方,等.不同年龄的养殖中华鲟和野生洄游亲鱼组织脂肪酸组成[J].饲料工业,2010(增刊1):99–103.

Comparative Analysis on Nutritional Quality between Wild and Cultured *Takifugu rubripes*

YU Jiuxiang[1,2]　GAO Xiaoqiang[2]　HAN Chen[1,2]　FAN Rui[1]　HAN Yuzhe[1]　JIANG Zhiqiang[1]

（1. *Key Laboratory of Fish Applied Biology and Aquaculture in North China*, *Liaoning Province*, *Dalian Ocean University*, *Dalian* 116023, *China*; 2. *Key Laboratory for Sustainable Development of Marine Fisheries*, *Ministry of Agriculture*, *Qingdao Key Laboratory for Marine Fish Breeding and Biotechnology*, *Yellow Sea Fisheries Research Institute*, *Chinese Academy of Fishery Sciences*, *Qingdao* 266071, *China*）

Abstract: In order to compare the nutritional quality between wild and cultured *Takifugu rubripes*, the common nutritional components, and the composition of amino acids and fatty acids in muscle of one-year old wild, one-year old cultured and two-year old cultured *Takifugu rubripes* were measured. There were 15 one-year old wild *Takifugu rubripes* with the body weight of 71 to 139 g and body length of 13.4 to 18.9 cm, 13 one-year old cultured *Takifugu rubripes* with the body weight of 90 to 147 g and body length of 14.8 to 20.4 cm, and 10 two-year old cultured *Takifugu rubripes* with the body weight of 578 to 639 g and body length of 13.4 to 18.9 cm were selected as samples. The common nutritional components in tissue, and the composition of amino acids and fatty acids in muscle of *Takifugu rubripes* were determined by adopting national standard methods. The results showed that crude protein content in whole body of one-year old wild *Takifugu rubripes* was the highest, which was 68.07%, and it increased by 32.3% and 20.6% compared with one-year and two-year old cultured *Takifugu rubripes*, respectively ($P<0.05$), while crude lipid content in whole body of one-year and two-year old cultured

*Corresponding author, professor, E-mail: zhqjiang@dlou.edu.cn　(责任编辑　菅景颖)

Takifugu rubripes was significantly higher than that of one-year old wild *Takifugu rubripes* ($P<0.05$). Crude protein content in muscle of two-year old cultured *Takifugu rubripes* was significantly higher than that of one-year old wild and one-year old cultured *Takifugu rubripes* ($P<0.05$), while crude lipid and ash contents in muscle were no significant differences among three samples ($P>0.05$). Crude protein and crude lipid contents in liver had great changes, and crude protein content was significant descended from one-year old wild to one-year and two-year old cultured *Takifugu rubripes* ($P<0.05$), but crude lipid content showed the opposite tendency. Both wild and cultured *Takifugu rubripes* had 18 kinds of amino acids, and the contents of most amino acids in muscle of cultured *Takifugu rubripes* were significantly higher than those of wild *Takifugu rubripes*. According to amino acid score (ASS) and chemical score (CS), the lysine content in muscle of wild and cultured *Takifugu rubripes* was relative richer, and two-year old cultured *Takifugu rubripes* exhibited a highest essential amino acid index (EAAI), the second was one-year old cultured fish, and the last was one-year old wild *Takifugu rubripes*. There were 19 kinds of fatty acids were detected in muscle of wild and cultured *Takifugu rubripes*, and the fatty acid composition in muscle of wild *Takifugu rubripes* were similar to cultured *Takifugu rubripes*. The content of saturated fatty acids (SFA) was no significant difference among three samples ($P>0.05$). The content of polyunsaturated fatty acids (PUFA) in muscle of two-year old cultured *Takifugu rubripes* was the highest and it was 51.54%, but there was no significant difference among three samples ($P>0.05$). The contents of C20:5n-3 (EPA) and C22:6n-3 (DHA) in muscle were more abundant. Compared with one-year old wild *Takifugu rubripes*, the content of DHA in muscle of one-year and two-year old cultured *Takifugu rubripes* was increased by 24.7% and 27.2%, respectively ($P<0.05$). The content of EPA+DHA in muscle of one-year and two-year old cultured *Takifugu rubripes* was significantly higher than that of one-year old wild *Takifugu rubripes* ($P<0.05$). In conclusion, the nutritional composition of *Takifugu rubripes* is reasonable; moreover, the nutritional quality of cultured *Takifugu rubripes* is better than that of wild *Takifugu rubripes*.

Key words: *Takifugu rubripes*; amino acids; fatty acids; nutritional quality; evaluation